UDC 606:628.3]:664 **DOI: 10.58407/bht.2.25.5**

Copyright (c) 2025 Natalia Bublienko, Oksana Salavor, Olga Togachynska, Oksana Nychyk
Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Наталія Бублієнко, Оксана Салавор, Ольга Тогачинська, Оксана Ничик

РОЗРАХУНКИ ПРИДАТНОСТІ СТІЧНИХ ВОД ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ДО БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ

Natalia Bublienko, Oksana Salavor, Olga Togachynska, Oksana Nychyk

CALCULATIONS OF THE SUITABILITY OF FOOD INDUSTRY WASTEWATER FOR BIOLOGICAL TREATMENT

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Визначення показників забрудненості стічних вод різного походження та розрахунки їх придатності до біологічного очищення певного типу.

Методологія. Дослідження проводили аналізуванням рівня забрудненості стічних вод ІІІ категорії цукрового заводу та загального стоку міського молокозаводу. Визначення показників забрудненості стоків (ХСК, БСК, загальний вміст азоту, фосфору тощо) здійснювали в екологічній лабораторії кафедри екології та екоменеджменту Національного університету харчових технологій за стандартними методиками. Для здійснення процесів очищення використовували лабораторні установки: аеротенк, метантенк, газгольдер.

Наукова новизна. Дослідження розкриває особливості розрахунків щодо придатності стічних вод конкретних підприємств харчової промисловості до певного способу біологічного очищення. Використання проведених розрахунків забезпечить підбір оптимальної технології очищення стоків, яка буде економічно і екологічно виправданою. Це оптимізує і прискорить вибір способу очищення стоків.

Висновки. Досліджені початкові параметри стоків ІІІ категорії цукрового заводу та загального стоку міського молокозаводу.

Розрахунки довели придатність стоків ІІІ категорії цукрового заводу до біологічного очищення в анаеробних умовах: за співвідношення $БСК_{повн.}$ до ХСК рівним 0,76; показником ХСК, що перевищує 2000 мг О/дм^3; співвідношенням $БСК_{повн.}$ і біогенних елементів 464,7:7,12:1; оптимальним рН 7,4 та відсутністю токсичних елементів. Стоки міського молокозаводу придатні до аеробного біологічного очищення: за співвідношення $БСК_{повн.}$ до ХСК рівним 0,81; показником ХСК, що не перевищує 2000 мг О/дм^3; співвідношенням $БСК_{повн.}$ і біогенних елементів 96,3:5,04:1; оптимальним рН 6,8 та відсутністю токсичних елементів.

Метанова ферментація стоків цукрового заводу зумовила високу ефективність очищення – 94,23 %. Кількість біогазу становила 0,923 дм^3/г ХСК, вміст метану у ньому – 66 %. Аеробне біологічне очищення стоків молокозаводу забезпечило ефективність очищення – 96,88 %.

Ключові слова: харчова промисловість, стічні води, охорона довкілля, біологічне очищення

ABSTRACT

Objective. Determination of pollution indicators of wastewater of various origins and calculations of their suitability for biological treatment of a certain type.

Methodology. The research was conducted by analyzing the level of pollution of wastewater of the III category of a sugar factory and the total effluent of a city dairy. Determination of pollution indicators of wastewater (COD, BOD, total nitrogen, phosphorus, etc.) was carried out in the ecological laboratory of the Department of Ecology and Ecomanagement of the National University of Food Technologies using standard methods. Laboratory installations were used to carry out the purification processes: aeration tank, methane tank, gasholder.

Scientific novelty. The study reveals the features of calculations regarding the suitability of wastewater of specific food industry enterprises for a certain method of biological treatment. The use of the calculations will ensure the selection of the optimal wastewater treatment technology, which will be economically and environmentally justified. This will optimize and accelerate the choice of the method of wastewater treatment.

Conclusions. The initial parameters of the III category wastewater of the sugar factory and the total wastewater of the city dairy were studied.

Calculations proved the suitability of the III category wastewater of the sugar factory for biological treatment under anaerobic conditions: with a ratio of BOD_{total} to COD equal to 0,76; with a COD indicator exceeding 2000 mg O/dm^3; with a ratio of BOD_{total} to biogenic elements 464,7:7,12:1; with an optimal pH of 7,4 and the absence of toxic elements. The wastewater of the city dairy is suitable for aerobic biological treatment: with a ratio of BOD_{total} to COD equal to 0,81; with a COD indicator not exceeding 2000 mg O/dm^3; with a ratio of BOD_{total} to biogenic elements 96,3:5,04:1; optimal pH 6,8 and the absence of toxic elements.

Methane fermentation of sugar factory wastewater resulted in high purification efficiency – 94,23 %. The amount of biogas was 0,923 dm^3/g COD, the methane content in it – 66 %. Aerobic biological purification of dairy wastewater ensured purification efficiency – 96,88 %.

Key words: food industry, wastewater, environmental protection, biological purification

Постановка проблеми

Харчова промисловість включає понад 40 підгалузей, серед яких цукрова, хлібопекарська, молочна, м’ясна, олійно-жирова, виноробна тощо. На 1 січня 2022 року в Україні діяли понад 5000 харчових підприємств. Через російсько-українську війну кількість заводів скоротилась, але харчова промисловість залишається важливим елементом економіки України (Khomiuk & Soltys, 2023).

Харчова промисловість виробляє продукти, необхідні для нормального існування кожної людини. Водночас вона є джерелом забруднення навколишнього середовища. На харчових заводах утворюються відходи, стічні води різного походження та ступеню забрудненості, викиди в атмосферне повітря.

Будь-яке харчове підприємство споживає воду різної якості (як компонент кінцевого продукту, для транспортування сировини та проміжних продуктів, для миття сировини, для підтримання необхідних санітарно-гігієнічних вимог в приміщеннях заводу тощо).

Промислові підприємства мають різні потреби у воді. Наприклад, на цукрових заводах використовують 200 м^3 води на 1 тонну цукру. Для молокопереробної галузі норми витрат води залежать від виду кінцевого продукту і коливаються від 5 до 25 м^3/тонну продукту (Bublienko, 2021; Golovko et al., 2021).

Через це на всіх харчових заводах утворюються стічні води. Їх витрати, кількісні та якісні показники полютантів залежать від характеристик кінцевого продукту, технології виробництва, місцевих умов тощо.

Так, концентровані стічні води III категорії цукрових заводів мають ХСК (хімічне споживання кисню) від 4000 до 7500 мг О/дм^3 (Bublienko, 2021). Стічні води міських молокозаводів мають ХСК 1200 – 1800 мг О/дм^3, підприємств із виготовлення сиру – до 3000 мг О/дм^3 (Joshiba et al., 2019; Kaur, 2021).

Існують різні підходи до очищення стічних вод харчової промисловості. Використовують механічне очищення для вилучення завислих компонентів. Фізико-хімічні способи (коагуляція, електрокоагуляція, флотація, електрофлотація, евапорація тощо) застосовують для вилучення зі стічної води завислих, емульгованих часточок (Valente et al., 2020; Danchenko et al., 2022; Patel et al., 2022; Faraj et al., 2024).

Такі способи не завжди забезпечують повне вилучення забруднень зі стоків. Їх застосування супроводжується утворенням відходів, які важко утилізувати.

Перспективним та екологічно доцільним є використання біологічного очищення. Воно передбачає застосування організмів: бактерій, грибів, найпростіших, коловерток, мікроводоростей та інших. Сукупність таких організмів називають активним мулом (Kaur, 2021; Stasinakis et al., 2021; Rodriguez-Sanchez et al., 2024; Motasem et al., 2024). Таке очищення може відбуватись в аеробних або анаеробних умовах.

Актуальним є визначення придатності стічних вод конкретного підприємства до певного способу біологічного очищення. Вони мають забезпечувати повне очищення стічних вод, бути економічно і екологічно виправданими. Це оптимізує і прискорить вибір способу очищення стоків.

Мета роботи – визначення показників забрудненості стічних вод та розрахунки придатності стічних вод різного походження до біологічного очищення певного типу.

Завданням роботи є дослідження показників забрудненості стічних вод підприємств цукрової та молокопереробної промисловості, визначення придатності стоків до біоочищення залежно від величини показників ХСК, $БСК_{повн.}$ (біологічне споживання кисню), вмісту основних біогенних елементів (азот, фосфор), показника pH, наявності чи відсутності токсичних речовин, здійснення процесів біологічного очищення та аналіз отриманих кінцевих показників.

Матеріали та методи

Об'єктом дослідження були стічні води III категорії цукрового заводу (Вінницька область) та загальний стік міського молокозаводу (Полтавська область). Дослідження показників забрудненості стоків (ХСК, $БСК_{повн.}$, загальний вміст азоту, фосфору тощо) здійснювали в екологічній лабораторії кафедри екології та екоменеджменту НУХТ.

Для визначення показників забрудненості стоків використовували стандартні методики (Semenova, 2024): окиснюваність води визначали біхроматним методом, розчинний кисень – йодометричним методом Вінклера, вміст біогенних елементів визначали колориметричними методами, вміст метану в біогазі – прискореним методом (пропусканням біогазу через розчин натрію гідроксиду), показник pH вимірювали за допомогою pH-метра AZ-86021.

Для здійснення процесів очищення використовували лабораторні установки: аеротенк (корисний об'єм 4 $дм^3$), анаеробний біореактор (метантенк, корисний об'єм 3 $дм^3$), газгольдер.

Вихід біогазу у перерахунку на вміст початкових забруднень визначали співвідношенням кількості біогазу ($дм^3$) на кількість початкових забруднень у стоках за ХСК (г). Вихід біогазу у перерахунку на кількість зброджених речовин визначали співвідношенням кількості біогазу ($дм^3$) на різницю між початковими і кінцевими забрудненнями у стоках за ХСК (г).

Результати дослідження

Наукові співробітники кафедри екології та екоменеджменту НУХТ спеціалізуються на дослідженнях ефективних способів очищення стічних вод. Дослідники надають найбільшу увагу стічним водам харчової промисловості. У даному дослідженні об'єктами були концентровані стічні води цукрового заводу (III категорія) та стічні води міського молокозаводу (загальний стік).

Нами визначені основні показники забрудненості стоків із використанням стандартних методик (Semenova, 2024). Були проаналізовані такі показники: хімічне споживання кисню (ХСК), біологічне споживання кисню (БСК), вміст азоту, вміст фосфору, показник pH середовища тощо.

Результати лабораторних досліджень цих стічних вод наведені у табл. 1.

Для вибору ефективного і оптимального способу очищення стічних вод потрібно здійснити деякі розрахунки. Спершу визначають, чи достатньо у стічних водах органічних речовин для здійснення біологічного очищення. Таке очищення відбувається під впливом живих організмів активного мулу. Вони повинні мати достатній вміст органічної складової у стоках. Для цього рахують співвідношення показника $БСК_{повн.}$ стічних вод до показника ХСК. Відомо, що $БСК_{повн.}$ характеризує вміст органічних речовин у стоках, а ХСК – вміст усіх забруднюючих речовин у стоках.

Для стічних вод III категорії цукрового заводу цей показник буде дорівнювати 0,76. Для загального стоку молокозаводу це співвідношення буде рівне 0,81 (таблиця 2). Таким чином, обидва типи стічних вод мають значний вміст органічної компоненти. Тому стічні води придатні до біологічного очищення.

Далі визначаємось, який спосіб біологічного очищення є оптимальним. Якщо стоки є низькоконцентрованими (ХСК не перевищує близько 2000 мг $О/дм^3$), то раціонально використовувати аеробне біологічне очищення. Якщо стоки є дуже забрудненими, то доцільним є використання анаеробного біологічного очищення (метанове бродіння). Чим вища концентрація полютантів у таких стоках, тим більше утворюється біогазу в процесі очищення. Біогаз є цінним альтернативним видом палива, який можна продавати, що суттєво покращить економічну складову пропонованої технології. Тому використання анаеробного біологічного очищення для концентрованих стоків є ще і економічно вигідним.

Таблиця 1

Показники забрудненості стічних вод деяких підприємств харчової промисловості

Тип підприємства, категорія стічних вод	ХСК, мг О/дм^3	БСК$_{повн.}$, мг O_2/дм^3	Вміст азоту, мг/дм^3	Вміст фосфору, мг/дм^3	pH
Цукровий завод, III категорія	5200	3950	60,5	8,5	7,4
Міський молокозавод, загальний стік	1600	1300	68	13,5	6,8

Таблиця 2

Розрахунки придатності стічних вод до біологічного очищення

Тип заводу, вид стічних вод	БСК$_{повн.}$/ХСК, частки одиниці	ХСК, мг О/дм^3	БСК$_{пов}$:N:P	pH	Токсичні сполуки у стоках	Спосіб очищення стоків
Цукровий завод, III категорія	0,76	5200	464,7:7,12:1	7,4	–	Біологічне очищення в анаеробних умовах
Міський молочний завод, загальний стік	0,81	1600	96,3:5,04:1	6,8	–	Біологічне очищення в аеробних умовах

Стічні води цукрового заводу мають ХСК 5200 мг О/дм^3, тому раціональним є використання анаеробного біологічного очищення. Стічні води міського молокозаводу мають ХСК 1600 мг О/дм^3, тому раціональним є використання аеробного біологічного очищення.

Важливим також є наявність у стоках достатньої кількості біогенних елементів (перш за все, азоту і фосфору) для нормального функціонування організмів активного мулу.

Оскільки в аеробному активному мулі містяться різні групи організмів (бактерії, найпростіші, коловертки тощо), оптимальне співвідношення між показником БСК$_{повн.}$ стоків та вмістом біогенних речовин повинно бути 100:5:1.

Організми анаеробного активного мулу представлені лише різними групами бактерій. Такий мул може функціонувати і при суттєво меншому вмісті біогенних компонентів. Зазвичай оптимальне співвідношення між показником БСК$_{повн.}$ стоків та вмістом біогенних речовин повинно бути наближене до (300…500):7:1.

Проведені розрахунки показали співвідношення між показником БСК$_{повн.}$ і біогенними елементами у стічних водах цукрового заводу: 464,7:7,12:1. Це є оптимальним співвідношенням.

Для стічних вод міського молокозаводу співвідношення також є наближеним до оптимального: 96,3:5,04:1.

Показники pH стічних вод III категорії цукрового заводу та загального стоку міського молокозаводу близькі до нейтрального. Це є оптимальним для аеробного і анаеробного активного мулу.

Також важливим є відсутність у стічних водах токсичних елементів. Вони пригнічують життєдіяльність організмів активного мулу. Це позначається на ефективності очищення. Досліджувані стічні води утворюються на підприємствах харчової промисловості, де є суворий контроль сировини і

готової продукції на наявність токсикантів. Відповідно стічні води, які утворюються на різних етапах технологічного процесу не містять таких сполук.

На основі проведених розрахунків здійснили біологічне очищення стічних вод цукрового заводу у лабораторному метантенку, корисним об'ємом 3 дм^3. Був використаний мезофільний режим метанової ферментації (температура 35±1 °С), режим – періодичний. Анаеробний активний мул використаний із Юзефо-Миколаївського біогазового комплексу, розташованого у Вінницькій області.

Тривалість метанової ферментація становила 3 доби. Значення ХСК стоків знизилось від 5200 до 300 мг О/дм^3, що відповідає ефективності очищення – 94,23 %. Вихід біогазу у перерахунку на вміст початкових забруднень – 0,923 дм^3/г ХСК; на кількість зброджених речовин – 0,979 дм^3/г ХСК$_{збр.}$. Біогаз містив значну кількість горючого компоненту – газу метану (66 %), через що він є високоякісним альтернативним біопаливом.

Для загального стоку молокозаводів використали аеробне біологічне очищення в лабораторному аеротенку, корисним об'ємом 4 дм^3. Температура процесу 18±1 °С, концентрація аеробного активного мулу – 2 г/дм^3. Тривалість процесу 24 год. Значення ХСК стоків знизилось від 1600 до 50 мг О/дм^3, що відповідає ефективності очищення – 96,88 %.

Висновки

На харчових підприємствах утворюються стічні води з різними кількісними і якісними характеристиками. Для вибору оптимального способу їх очищення важливим є визначення показників забрудненості та проведення розрахунків щодо придатності до певного способу біологічного очищення. Такі способи повинні привести до ефективного очищення стічних вод.

Проведені нами дослідження та розрахунки довели придатність стоків III категорії цукрового заводу (Вінницька область) до біологічного очищення в анаеробних умовах: за співвідношення БСК$_{повн.}$ до ХСК рівним 0,76; показником ХСК, що перевищує 2000 мг О/дм^3; співвідношенням БСК$_{повн.}$ і біогенних елементів 464,7:7,12:1; оптимальним pH 7,4 та відсутністю токсичних елементів. Стоки міського молокозаводу (Полтавська область) придатні до біологічного очищення в аеробних умовах: за співвідношення БСК$_{повн.}$ до ХСК рівним 0,81; показником ХСК, що не перевищує 2000 мг О/дм^3; співвідношенням БСК$_{повн.}$ і біогенних елементів 96,3:5,04:1; оптимальним pH 6,8 та відсутністю токсичних елементів.

На основі проведених розрахунків здійснили біологічне очищення стічних вод цукрового заводу в анаеробних біологічних умовах, що забезпечило ефективність очищення 94,23 %, значний вихід біогазу із високим вмістом горючого газу метану (66 %). Також проведене аеробне біологічне очищення загального стоку молокозаводу з ефективністю очищення – 96,88 %. Отримані експериментальні дані підтвердили проведені розрахунки придатності стоків до певного виду біологічного очищення.

Фінансування/Funding

Це дослідження не отримало зовнішнього фінансування / This study did not receive external funding.

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Не застосовується / Not applicable.

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

Автори не використовували генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання статті / The authors did not use generative artificial intelligence and artificial intelligence-based technologies in the process of writing the article.

References

Bublienko, N. (2021). Methane Fermentation of concentrated wastewater from sugar refineries. *Food Industry, 29*, 94–101. http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/36764 (in Ukrainian)

Бублієнко Н. О. Метанова ферментація концентрованих стічних вод цукрозаводів. *Харчова промисловість*. 2021. № 29. С. 94–101. http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/36764

Danchenko, Yu. M., Makarov, E.O., Andronov, V.A., & Mirus, O.L. (2022). Improving the efficiency of electrocoagulation treatment of dairy wastewater by adding alkali. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, *25*, 19–27. https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/view/2317/2210 (in Ukrainian)

Данченко Ю.М., Макаров Є.О., Андронов В.А., Мірус О.Л. Підвищення ефективності електрокоагуляційної очистки стічних вод молокозаводів шляхом додавання лугу. *Вісник ЛДУБЖД*. 2022. № 25. С. 19–27. https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/article/ view/2317/2210

Faraj, H., Jamrah, A., Al-Omari, S., & Al-Zghoul, Th. M. (2024). Optimization of an electrocoagulation-assisted adsorption treatment system for dairy wastewater. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, *9*, 100574. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023. 100574

Golovko, M. P., Vlasenko, I. G., Golovko, T. M., & Semko, T. V. (2021). *Technology of milk and dairy products with elements of HACCP:* educational manual. Kharkiv. https://repo.btu.kharkov.ua/ bitstream/123456789/33891/1/NP_Tekhnolohiya%20moloka_NASSR_21.pdf (in Ukrainian)

Головко М. П., Власенко І.Г., Головко Т. М., Семко Т. В. Технологія молока та молочних продуктів з елементам НАССР: навчальний посібник. Харків: Світ Книг, 2021. 304 с. https://repo.btu. kharkov.ua/ bitstream/123456789/33891/1/NP_Tekhnolohiya%20moloka_NASSR_21.pdf

Joshiba, G. J., Kumar, S. P., Femina, C. C., Jayashree, E., Racchana, R., & Sivanesan, S. (2019). Critical review on biological treatment strategies of dairy wastewater. *Desalination and Water Treatment*, *160*, 94–109. https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24194

Kaur, N. (2021). Different treatment techniques of dairy wastewater. *Groundwater for Sustainable Development*, *14*, 100640. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100640

Khomiuk, N., & Soltys, O. (2023). Food industry in Ukraine: trends and prospects for development on the basis of sustainability and inclusivesness. *Sustainable Development of Economy*, *1*(46), 141–148. https://doi.org/10.32782/2308-1988/2023-46-20 (in Ukrainian)

Хомюк Н., Солтис О. Харчова промисловість в Україні: тенденції та перспективи розвитку на засадах сталості та інклюзивності. *Сталий розвиток економіки*. 2023. № 1(46). С. 141–148. https://doi.org/ 10.32782/2308-1988/2023-46-20

Motasem, Y. D. Al., Tharaa, M. Al., Salem, S. A. Am., & Madhusudhan, B. R. (2024). Microalgae cultivation for dairy wastewater treatment: insight from recent research and bibliometric analysis. *Results in Engineering*, *24*, 103052. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103052

Patel, R. K., Shankar, R., Khare, P., & Mondal, Pr. (2022). Treatment of sugar processing industry wastewater using copper electrode by electrocoagulation: performance and economic study. *J. of the Indian Chemical Society*, *99*, 100563. https://doi.org/10.1016/j.jics.2022.100563

Rodriguez-Sanchez, A., Gil-Pulido, B., Leonard, P., Finnegan, W., Zhan, X., Dobson, A. D. W., & O'Leary, N. (2024). Treatment of dairy wastewater using intermittent-aeration sequencing batch reactor at pilot-scale. *Bioresource Technology Reports*, *26*, 101864. https://doi.org/ 10.1016/j.biteb.2024. 101864

Semenova, O. (2024). *Environmental technologies and equipment:* Laboratory Workshop. Kyiv. https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=412829 (in Ukrainian)
Семенова, О. Природоохоронні технології та обладнання: лабораторний практикум. Київ: НУХТ, 2024. 29. https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=412829

Stasinakis, A. S., Charalambous, P., & Vyrides, I. (2022). Dairy wastewater management in EU: produced amounts, existing legislation, applied treatment processes and future challenges. *J. of Environment al Management*, *303*, 114152. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114152

Valente, G. de Fr. S., Mendonça, R. C. S., & Félix, L. B. (2020). Electrocoagulation using zinc electrodes for dairy industry wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*, *206*, 58–65. https://doi.org/10.5004/dwt.2020.26294

Received: 03.04.2025. **Accepted**: 12.05.2025. **Published**: 10.07.2025.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Бублієнко Н., Салавор О., Тогачинська О., Ничик О. Розрахунки придатності стічних вод харчової промисловості до біологічного очищення. *Biota. Human. Technology*. 2025. №2. С. 78-84

Cite this article in APA style as:

Bublienko, N., Salavor, O., Togachynska, O., & Nychyk, O. (2025). Calculations of the suitability of food industry wastewater for biological treatment. *Biota. Human. Technology,* (2), 78-84. (in Ukrainian)

Information about the authors:

Bublienko N. [*in Ukrainian*: **Бублієнко Н.] [1],** Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: 3110nb@gmail.com.
ORCID: 0000-0003-0299-4646 *Scopus–AuthorID*: 55683913900
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

Salavor O. [*in Ukrainian*: **Салавор О.] [2],** Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: oksanasalavor7@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5784-3127 *Scopus–Author ID*: 57219904957
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

Togachynska O. [*in Ukrainian*: **Тогачинська О.] [3],** Assoc. Prof., Ph.D. in Agricul. Sc., email: tytyn29@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6672-6539
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

Nychyk O. [*in Ukrainian*: **Ничик О.] [4],** Assoc. Prof., Ph.D. in Tech. Sc., email: oksananychyk0710@gmail.com.
ORCID: 0000-0002-4679-8607 *Scopus–AuthorID*: 57219905601
Department of ecology and eco-management, National University of Food Technologies
68 Volodymyrska Street, Kyiv, 01033, Ukraine

[1] Study design.
[2] Data collection.
[3] Manuscript preparation.
[4] Statistical analysis.